

ANALYTICAL STUDY ON THE EFFECT OF CONFINEMENT OF R.C. CIRCULAR COLUMN TO THE VALUE OF CURVATURE DUCTLING

by Kurdian Suprpto^a, Tavio^a, and Yanuar Siscaria Rahmawati^b

ABSTRACT

Construction technology has been rapidly developing nowadays which often requires the use of higher ductility of structural elements. All structural members, especially columns as primary structural components should have higher ductility so that it can delay the collapse of the buildings during earthquake. There is a significant difference in behavior between unconfined and confined concrete columns. Confined concrete columns show higher ductility compared with those unconfined. To accommodate the analysis, a computer program called MoCurv v.1.2 is developed. This program is an improvement of the earlier developed program called MoCurv v.1. This program can be used to analyze circular column sections with NSC and HSC. Five major factors are dominantly control the value of curvature ductility, i.e. transverse reinforcement spacing, number and size of longitudinal bars, strength of concrete, column size, and axial loading. Parametric study has also been done to compare the effectiveness of each parameter. It can be concluded that the most influencing parameter to the value of curvature ductility is the spacing of transverse reinforcement.

KEYWORDS: circular column; confinement; curvature ductility; moment-curvature diagrams; reinforced concrete.

PENDAHULUAN

Kolom adalah salah satu elemen utama pada struktur bangunan, oleh karena itu perancangan kolom perlu mendapatkan perhatian yang serius. Semua struktur bangunan direncanakan agar memiliki perilaku daktail supaya dapat menunda waktu keruntuhan material beton. Semakin panjang waktu keruntuhan ini, maka kesempatan para pengguna struktur untuk menyelamatkan diri juga semakin besar. Salah satu cara untuk membuat suatu struktur menjadi lebih daktail ialah dengan pemberian tulangan pengegang pada kolom. Dengan pemberian tulangan pengegang pada kolom mengakibatkan kolom yang dikekang memiliki kekuatan lebih besar daripada kolom yang tidak dikekang.

Hubungan pengeangan dan tingkat daktilitas kolom dapat dilihat dari pemodelan diagram Momen-Kurvturnya. Pada dasarnya, kurvatur adalah gradien kemiringan dari diagram regangan. Nilai kurvatur akan bervariasi sepanjang kolom disebabkan adanya perubahan posisi kedalaman garis netral dan regangan pada daerah retak. Retak yang timbul pada kolom akibat lelehnya tulangan akan mengakibatkan beton mengalami sedikit tarik¹. Beton terus mengalami tarik hingga suatu saat beton tidak mampu lagi bertahan dan terjadi keruntuhan. Hal ini menunjukkan bahwa perlu adanya evaluasi terhadap daktilitas kurvatur kolom dengan memperhitungkan kontribusi pengeangan.

Menganalisis daktilitas kurvatur penampang kolom dengan menyertakan efek pengeangan merupakan suatu permasalahan yang kompleks karena akan melibatkan banyak variabel dalam perhitungannya. Yaitu perilaku *ultimate* beton mempunyai distribusi tegangan yang

bersifat non-linier², sehingga cukup kompleks bila dihitung dengan cara manual. Selain itu juga diperlukan suatu proses coba-coba dalam menentukan garis netral dengan bidang horizontal supaya dapat memenuhi persamaan keseimbangan yang ada. Hal ini tentu saja memerlukan proses analisis yang berulang-ulang. Apabila dilakukan secara manual membutuhkan waktu dan tenaga yang cukup besar. Proses *trial-error* dalam pekerjaan perancangan tidak menjadi suatu masalah yang berat jika disediakan program komputer atau *software* untuk membantu mempermudah perhitungannya.

Aplikasi program bantu yang akan dibuat menggunakan bahasa pemrograman Visual Basic 6.0. Hal ini dikarenakan Visual Basic 6.0 tidak memerlukan pemrograman khusus untuk menampilkan jendela (*window*) dan cara penggunaannya juga berbasis visual.

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam makalah ini antara lain membuat suatu program sederhana yang dapat menunjukkan pengaruh pengeangan terhadap daktilitas penampang kolom lingkaran, membuat suatu program sederhana yang dapat membantu mengevaluasi daktilitas kurvatur penampang kolom bulat beton bertulang dengan memperhitungkan efek pengeangan dalam analisisnya.

METODOLOGI

Metodologi menjelaskan urutan pelaksanaan yang disertai dengan penjelasan tahapan yang akan digunakan dalam penyusunan Jurnal. Hasil akhir dalam penelitian ini berupa sebuah program bantu untuk menganalisa pengaruh pengeangan terhadap daktilitas kurvatur pada kolom bulat.

Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur mengenai konsep dasar kolom termasuk tipe – tipe kolom, perilakunya ketika menerima beban aksial dan momen yang terjadi pada penampang yang akan digambarkan dalam diagram Momen-Kurvatur.

Penggambaran Diagram Momen - Kurvatur

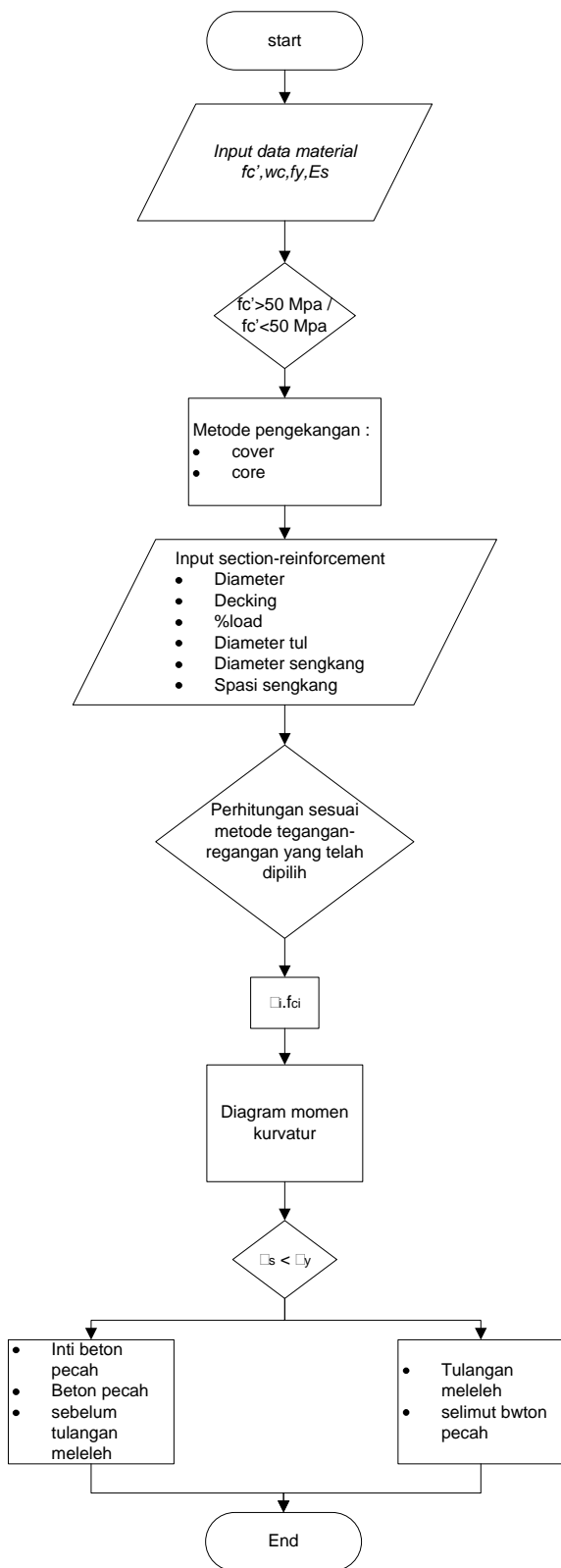
Untuk mendapatkan kombinasi nilai daktilitas kurvatur dan momen pada diagram Momen-Kurvatur maka solusi yang dapat dilakukan adalah dengan mengadopsi algoritma numerik, meskipun algoritma

^aLecturer in the Department of Civil Engineering, Sepuluh Nopember Institute of Technology (ITS), ITS Campus, Sukolilo, Surabaya 60111, Indonesia.

^bStudent in the Department of Civil Engineering, Sepuluh Nopember Institute of Technology (ITS), ITS Campus, Sukolilo, Surabaya 60111, Indonesia.

Note. The manuscript for this paper was submitted for review and possible publication on July 06, 2010; approved on August 23, 2010. Discussion open until May 2011. This paper is part of the ITS Journal of Civil Engineering, Vol. 30, No. 2, November 2010. © ITS Journal of Civil Engineering, ISSN 2086-1206/2010.

manual juga dapat dibuat tetapi akan cukup kompleks. Secara umum, untuk menggambarkan diagram Momen-Kurvatur dibutuhkan minimal 3 titik utama, yaitu pada saat penampang sebelum retak, saat tulangan tarik mengalami leleh pertama, dan pada saat terjadi beban ultimate. Secara umum gambaran perhitungan momen kurvatur dapat dilihat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir pengolahan data

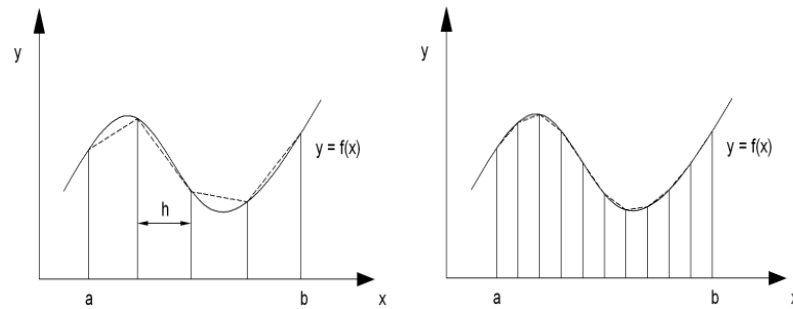
Berikut ini merupakan prosedur analisis yang harus dilakukan untuk dapat menggambar diagram Momen-Kurvatur.

1. Tetapkan satu nilai regangan pada serat atas beton tertekan. Nilai regangan ini merupakan nilai regangan awal untuk melakukan analisis, biasanya dimulai dari nilai nol.
2. Asumsikan nilai jarak kedalaman garis netral (c).
3. Hitung nilai regangan beton pada setiap lapisan dan juga regangan yang terjadi pada tiap lapisan tulangan longitudinal. Untuk mendapatkan nilai regangan ini bisa dilakukan dengan prinsip perbandingan segitiga terhadap jarak kedalaman garis netral terhadap serat tekan terluar.
4. Dapatkan nilai tegangan beton yang bersesuaian dengan nilai regangan beton yang telah didapat pada langkah ketiga menggunakan diagram tegangan-regangan beton terkekang dan tak terkekang yang telah dipilih sebelumnya.
5. Dapatkan pula nilai tegangan baja untuk setiap nilai regangan yang terjadi di tiap lapisan tulangan menggunakan diagram tegangan-regangan baja yang telah dipilih. Apabila pilihan diagram tegangan-regangan baja adalah kurva bilinear, maka besarnya tegangan tarik maupun tekan masing-masing lapisan tulangan diberikan oleh persamaan di bawah ini. Dimana tegangan baja pada lokasi tulangan (f_{si}) yang terjadi pada beton merupakan pengalihan dari regangan ijin baja pada lokasi tulangan (ϵ_{si}) dan modulus elastisitas baja (E_s)

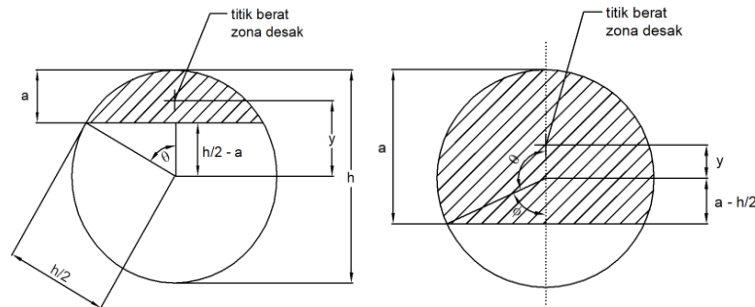
$$f_{si} = \epsilon_{si} E_s \quad (1)$$

Dengan batasan $-f_y \leq f_{si} \leq f_y$

6. Selanjutnya hitung gaya-gaya internal yang terjadi di penampang dan sekaligus jaraknya terhadap serat atas beton tertekan. Gaya yang terjadi meliputi gaya tekan pada beton (C_c), gaya tarik yang terjadi pada beton (T_c) dan gaya yang terjadi pada tiap lapisan tulangan (F_s). C_c untuk beton dapat diselesaikan dengan mengalikan gaya yang bekerja dengan luas daripada gaya yang bekerja tersebut. Untuk beton tak terkekang (*unconfined concrete*), maupun beton terkekang (*confined concrete*), pendekatan luasan tegangan memakai metoda numerik, yaitu pendekatan cara trapezoidal. Hal ini dilakukan dengan mencari rata-rata tinggi kurva potongan awal dan potongan akhir. Dapat dilihat pada Gambar 2, mengenai pendekatan cara trapezoidal. Yang perlu diperhatikan untuk kolom penampang bulat, dengan zona desak berupa kurva segmen lingkaran dengan tinggi a , luas kurvanya harus dihitung untuk mengetahui gaya dan momen nominal penampang. Dapat dilihat pada Gambar 3, gambar tersebut menjelaskan mengenai kurva zona desak penampang lingkaran. Perhitungan luas kurva mengacu pada ketentuan Gambar 3.



Gambar 2. Pendekatan cara trapezoidal



Gambar 3. Kurva zona desak penampang lingkaran

Dari Gambar 3 dapat dilihat 2 keadaan, yaitu :

(a) K

asus 1 : $a \leq 0,5h$; $\theta < 90^\circ$

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{0,5h - a}{0,5h} \right) \quad (2)$$

(b) Kasus 2 : $a > 0,5h$; $\theta > 90^\circ$

$$\phi = \cos^{-1} \left(\frac{a - 0,5h}{0,5h} \right) \quad (3)$$

$$\theta = \pi - \phi \quad (4)$$

Jika θ dalam radian (π radian = 180°), maka luas zona desak adalah:

$$A_c = \frac{1}{4} h^2 (\theta - \sin \theta \cos \theta) \quad (5)$$

Setelah menghitung blok desak beton, selanjutnya menghitung gaya-gaya pada tulangan baja.

$$F_{si} = f_{si} A_{si} \quad (6)$$

Untuk menghitung gaya tarik yang terjadi pada beton juga dilakukan dengan menggunakan pendekatan luasan tegangan cara trapezoidal. Namun luasan yang tertarik tersebut dikalikan dengan tegangan tarik (f_t) yang terjadi pada beton. Apabila tegangan tarik (f_t) ini melebihi

$f_r = 0,7\sqrt{f'_c}$ maka beton sudah dianggap hancur dan tidak mampu memikul gaya tarik yang terjadi sehingga $T_c = 0$.

7. Jumlahkan gaya-gaya internal yang terjadi pada penampang. Apabila selisih total gaya tekan dan tarik tersebut kurang dari atau sama dengan nilai toleransi yang diinputkan, berarti nilai garis netralnya sudah benar dan kemudian dilanjutkan untuk menghitung nilai momen dan kurvatur. Apabila belum mencapai nilai toleransi tersebut, ulangi kembali langkah No 2. Namun apabila nilai konvergensi belum tercapai hingga nilai maksimum iterasi yang diinputkan, maka program akan langsung berlanjut melakukan perhitungan ke tahap berikutnya.
8. Nilai momen yang terjadi dapat dihitung dengan mengalikan gaya-gaya internal tadi dengan jaraknya terhadap serat terluar beton tertekan. Sedangkan nilai kurvturnya adalah pembagian nilai regangan beton pada serat teratas yang telah ditetapkan pada langkah No 1 dengan jarak terhadap garis netral.
9. Tetapkan nilai regangan pada serat atas beton tertekan dan ulangi lagi langkah No 2. Nilai regangan ini dibuat naik secara teratur sebesar 0,0002 sampai mencapai nilai regangan beton maksimum.

Setelah nilai kurvatur dan momen yang bersesuaian di tiap-tiap kondisi didapatkan, lalu dikumpulkan dan digambarkan sehingga didapatkan diagram Momen-Kurvatur yang utuh.

Nilai kurvatur dan momen yang terjadi pada saat leleh pertama (*yield*) didapat saat regangan pada lapis tulangan paling bawah (ϵ_s) mencapai nilai regangan leleh (ϵ_y). Sedangkan untuk mendapatkan nilai kurvatur dan momen

ultimate dilakukan apabila regangan beton (ϵ_c) sudah mencapai nilai maksimumnya (ϵ_{cmax}) atau regangan pada lapis tulangan paling bawah (ϵ_s) mencapai nilai regangan putusnya (ϵ_{sf}). Sedangkan nilai daktilitas kurvatur (μ_ϕ) dapat diperoleh dari pembagian nilai kurvatur ultimate (ϕ_u) dibagi dengan nilai kurvatur leleh (ϕ_y).

Merancang Program Memakai Visual Basic 6.0

Langkah awal yang dilakukan pada tahap ini adalah mempelajari dasar – dasar pemrograman Visual Basic 6.0. Setelah mempelajari bahasa pemrograman ini, kemudian dilanjutkan dengan membuat program sederhana mengenai rasio tulangan pada kolom penampang persegi panjang. Langkah – langkah pembuatan program adalah sebagai berikut:

1. Membuat tata urutan program untuk diagram tegangan-regangan beton terkekang, perumusan untuk setiap metode pengekangan seperti yang telah diketahui bersama.
2. Membuat listing program untuk diagram Momen-Kurvatur.
3. Membuat rancangan tampilan program (*interface*).
4. Mengecek kelengkapan menu dan melengkapi tampilan.
5. Mengoperasikan program (*running program*) untuk mengecek apakah semua listing program bisa terbaca dan dapat berjalan dengan baik.
6. Melakukan verifikasi atau mengecek kebenaran hasil output dari program sederhana yang telah dibuat.
7. Bila output program sudah benar, langkah selanjutnya adalah menganalisis daktilitas beton terkekang dan tidak terkekang, dengan cara membandingkan output program keduanya. Bila outputnya benar, maka akan terlihat perbedaan pada kurva tegangan-regangan dan diagram Momen-Kurvturnya.

STUDI KASUS

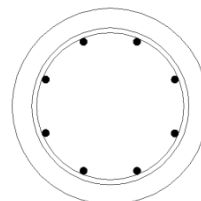
Untuk membandingkan output program yang telah dibuat, maka dilakukan studi parametrik untuk beberapa parameter yang menentukan nilai daktilitas kurvatur.

Studi kasus spasi antar sengkang pada Normal Strength Concrete (NSC)

Data kolom :

Diameter kolom = 400 mm

Penampang kolom :



Gambar 4. Kolom kasus 1

Mutu beton $f_c' = 30$ MPa

Tul. Longitudinal = 8 D 13

Diameter sengkang = 10 mm

Beton cover = 40 mm

Mutu baja $f_{yh} = 500$ MPa

$P = 20\% \times P_n$

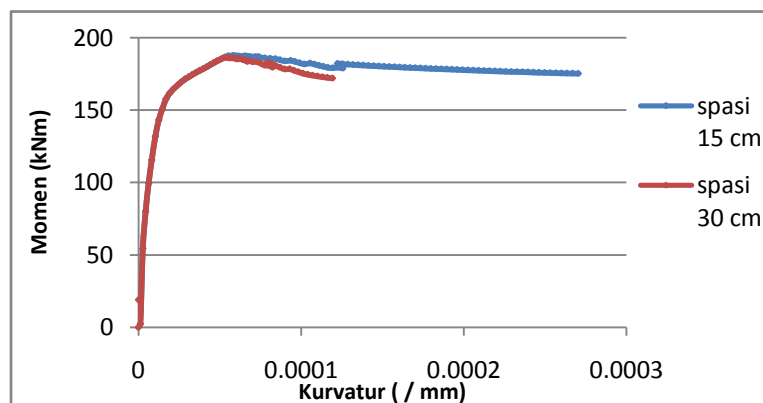
Kasus 1.1 menggunakan spasi antar sengkang sebesar 15 cm

Kasus 1.2 menggunakan spasi antar sengkang sebesar 30 cm

Hasil output program :

Tabel 1. Perbandingan kasus 1.1 dan kasus 1.2

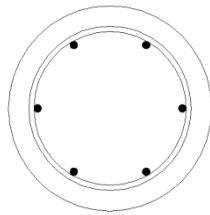
Parameter hasil	Kasus 1.1 Spasi sengkang 15 cm	Kasus 1.2 Spasi sengkang 30 cm
M_y (kNm)	139,533	139,533
M_u (kNm)	175,266	172,035
ϕ_u (/mm)	$2,702 \times 10^{-4}$	$1,193 \times 10^{-4}$
ϕ_y (/mm)	$1,255 \times 10^{-5}$	$1,255 \times 10^{-5}$
μ_ϕ	21,52	9,501



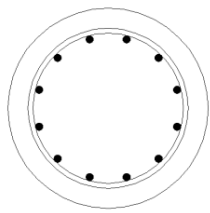
Gambar 5. Perbandingan kurva kasus 1.1 dan kurva kasus 1.2

Studi kasus luas tulangan longitudinal pada Normal Strength Concrete (NSC)

Data kolom :
 Diameter kolom = 400 mm
 Penampang kolom :



Gambar 6. Kolom kasus 2.1



Gambar 7. Kolom kasus 2.2

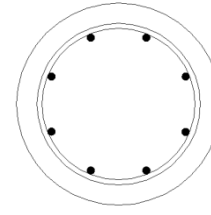
Mutu beton $f_c' = 30$ MPa
 Spasi sengkang = 15 cm
 Diameter sengkang = 10 mm
 Mutu baja $f_{yh} = 500$ MPa
 Beton cover = 40 mm
 $P = 20\% \times P_n$
 Kasus 2.1 menggunakan tulangan longitudinal 6 D 13
 Kasus 2.2 menggunakan tulangan longitudinal 10 D 13
 Hasil output program :

Tabel 2. Perbandingan kasus 2.1 dan kasus 2.2

Parameter hasil	Kasus 2.1 Tul. longitudinal 6 D 13	Kasus 2.2 Tul. longitudinal 10 D 13
M_y (kNm)	122,929	161,383
M_u (kNm)	142,111	224,950
ϕ_u (/mm)	$1,85 \times 10^{-4}$	$2,655 \times 10^{-4}$
ϕ_y (/mm)	$1,234 \times 10^{-5}$	$1,26 \times 10^{-5}$
μ_ϕ	14,991	21,059

Studi kasus mutu beton pada Normal Strength Concrete (NSC)

Data kolom :
 Diameter kolom = 400 mm
 Penampang kolom :



Gambar 9. Kolom kasus 3

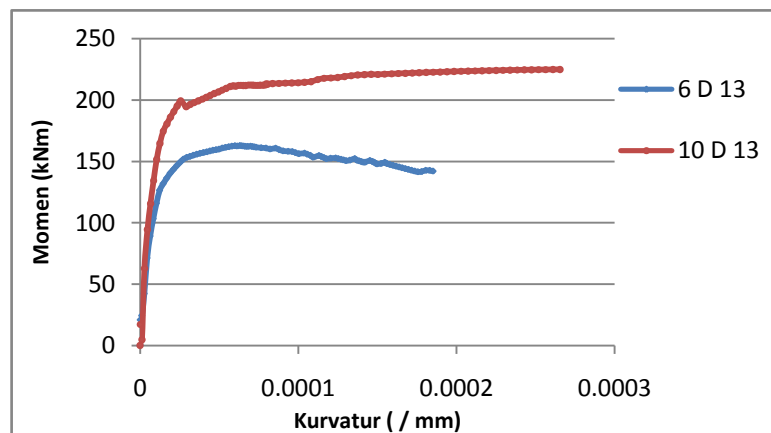
tulangan longitudinal 8 D 13
 Spasi sengkang = 15 cm
 Diameter sengkang = 10 mm
 Beton cover = 40 mm
 Mutu baja $f_{yh} = 500$ MPa
 $P = 20\% \times P_n$
 Kasus 3.1 menggunakan mutu beton $f_c' = 30$ MPa
 Kasus 3.2 menggunakan mutu beton $f_c' = 40$ MPa
 Hasil output program :

Tabel 3. Perbandingan kasus 3.1 dan kasus 3.2

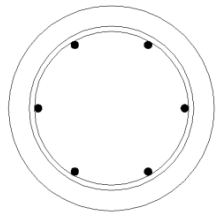
Parameter Hasil	Kasus 3.1 mutu beton $f_c' = 30$ MPa	Kasus 3.2 mutu beton $f_c' = 40$ MPa
M_y (kNm)	122,929	161,383
M_u (kNm)	142,111	224,950
ϕ_u (/mm)	$1,85 \times 10^{-4}$	$2,655 \times 10^{-4}$
ϕ_y (/mm)	$1,234 \times 10^{-5}$	$1,26 \times 10^{-5}$
μ_ϕ	14,991	21,059

Studi kasus luas penampang kolom pada Normal Strength Concrete (NSC)

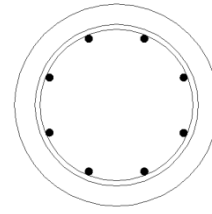
Data kolom :
 Penampang kolom terlihat pada Gambar 11.
 mutu beton $f_c' = 30$ MPa
 tulangan longitudinal 6 D 13
 Spasi sengkang = 15 cm
 Diameter sengkang = 10 mm
 Mutu baja $f_{yh} = 500$ MPa



Gambar 8. Perbandingan kurva kasus 2.1 dan kasus 2.2



Gambar 11. Kolom kasus 4.1 dan kasus 4.2



Gambar 13. Kolom kasus 5

Beton cover = 40 mm
 $P = 20\% \times P_n$

Kasus 4.1 menggunakan diameter kolom = 300 mm
 Kasus 4.2 menggunakan diameter kolom = 400 mm
 Hasil output program:

Tabel 4. Perbandingan kasus 4.1 dan kasus 4.2

Parameter hasil	Kasus 4.1 diameter = 300 mm	Kasus 4.2 diameter = 400 mm
My (kNm)	63,599	122,929
Mu (kNm)	74,822	142,111
ϕ_u (/mm)	$3,146 \times 10^{-4}$	$1,85 \times 10^{-4}$
ϕ_y (/mm)	$1,834 \times 10^{-5}$	$1,234 \times 10^{-5}$
μ_ϕ	17,151	14,991

Studi kasus pengaruh pemberian beban aksial pada Normal Strength Concrete (NSC) Terkekang

Data kolom:
 Penampang kolom :

mutu beton $f_c' = 30$ MPa
 tulangan longitudinal 8 D 13
 Spasi sengkang = 15 cm
 Diameter sengkang = 10 mm
 Beton cover = 40 mm
 Mutu baja $f_{yh} = 500$ MPa
 Diameter kolom = 400 mm
 Kasus 5.1 menggunakan beban aksial $P = 0\% \times P_n$
 Kasus 5.2 menggunakan beban aksial $P = 5\% \times P_n$
 Kasus 5.3 menggunakan beban aksial $P = 10\% \times P_n$
 Kasus 5.4 menggunakan beban aksial $P = 20\% \times P_n$
 Kasus 5.5 menggunakan beban aksial $P = 30\% \times P_n$
 Kasus 5.6 menggunakan beban aksial $P = 40\% \times P_n$
 Hasil output program dapat dilihat pada Tabel 5.

Studi kasus pengaruh pemberian beban aksial pada beton mutu tinggi terkekang

Data kolom :
 Penampang kolom terlihat pada Gambar 15.

Tabel 5. Hasil perhitungan kasus 5 dengan berbagai variasi nilai P

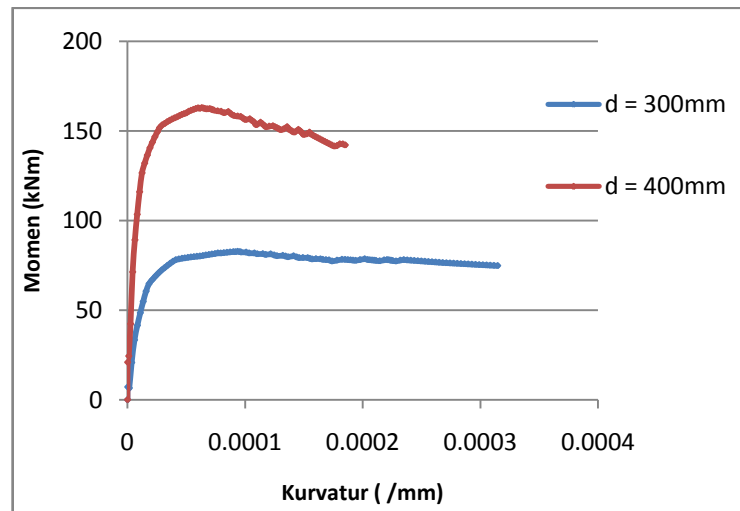
Parameter	P = 0% x Pn	P = 5% x Pn	P = 10% x Pn	P = 20% x Pn	P = 30% x Pn	P = 40% x Pn
My (kNm)	60,375	83,546	104,593	139,534	169,422	201,935
Mu (kNm)	101,010	127,329	147,621	175,273	199,965	268,068
ϕ_u (/mm)	$2,180 \times 10^{-4}$	$2,282 \times 10^{-4}$	$2,283 \times 10^{-4}$	$2,702 \times 10^{-4}$	$1,757 \times 10^{-4}$	$1,731 \times 10^{-4}$
ϕ_y (/mm)	$9,227 \times 10^{-6}$	$1,016 \times 10^{-5}$	$1,15 \times 10^{-5}$	$1,255 \times 10^{-5}$	$1,311 \times 10^{-5}$	$1,54 \times 10^{-5}$
μ_ϕ	23,633	22,445	22,357	21,52	13,405	11,240

Tabel 6. Hasil perhitungan kasus 6 dengan berbagai variasi nilai P

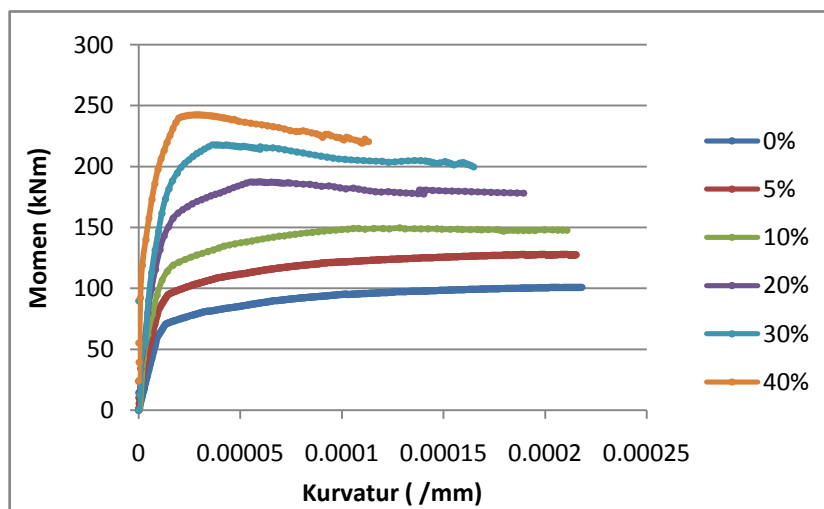
Parameter	P = 0% x Pn	P = 5% x Pn	P = 10% x Pn	P = 20% x Pn	P = 30% x Pn	P = 40% x Pn
My (kNm)	62,877	111,632	152,344	223,232	280,134	319,719
Mu (kNm)	102,492	156,076	202,491	280,385	335,173	362,250
ϕ_u (/mm)	$2,165 \times 10^{-4}$	$2,011 \times 10^{-4}$	$1,149 \times 10^{-4}$	$6,039 \times 10^{-5}$	$3,735 \times 10^{-5}$	$2,847 \times 10^{-5}$
ϕ_y (/mm)	$8,937 \times 10^{-6}$	$9,759 \times 10^{-5}$	$1,006 \times 10^{-5}$	$1,246 \times 10^{-5}$	$1,407 \times 10^{-5}$	$1,537 \times 10^{-5}$
μ_ϕ	24,224	20,613	11,417	4,844	2,653	1,852

Tabel 7. Hasil perhitungan kasus 7 dengan berbagai variasi nilai P

Parameter	P = 0% x Pn	P = 5% x Pn	P = 10% x Pn	P = 20% x Pn	P = 30% x Pn	P = 40% x Pn
My (kNm)	47,280	69,580	91,630	123,699	149,189	173,541
Mu (kNm)	64,903	90,970	113,369	153,739	180,588	197,235
ϕ_u (/mm)	$6,55 \times 10^{-5}$	$5,421 \times 10^{-5}$	$4,574 \times 10^{-5}$	$3,389 \times 10^{-5}$	$2,717 \times 10^{-5}$	$2,258 \times 10^{-5}$
ϕ_y (/mm)	$9,488 \times 10^{-6}$	$1,033 \times 10^{-5}$	$1,353 \times 10^{-5}$	$1,353 \times 10^{-5}$	$1,406 \times 10^{-5}$	$1,568 \times 10^{-5}$
μ_ϕ	6,909	5,243	3,380	2,46	1,931	1,439

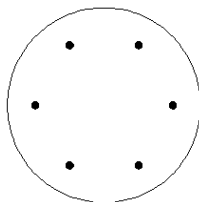


Gambar 12. Perbandingan kurva kasus 4.1 dan kasus 4.2



Gambar 14. Kurva kasus 5 dengan berbagai variasi nilai P

mutu beton $f_c' = 60$ MPa
 tulangan longitudinal 8 D 13



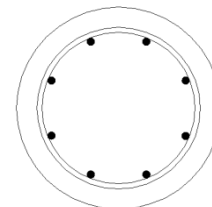
Gambar 15. Kolom kasus 6

Spasi sengkang = 15 cm
 Diameter sengkang = 10 mm
 Beton cover = 40 mm
 Mutu baja $f_{yh} = 500$ MPa
 Diameter kolom = 400 mm

Kasus 5.1 menggunakan beban aksial $P = 0\% \times P_n$
 Kasus 5.2 menggunakan beban aksial $P = 5\% \times P_n$
 Kasus 5.3 menggunakan beban aksial $P = 10\% \times P_n$
 Kasus 5.4 menggunakan beban aksial $P = 20\% \times P_n$
 Kasus 5.5 menggunakan beban aksial $P = 30\% \times P_n$
 Kasus 5.6 menggunakan beban aksial $P = 40\% \times P_n$
 Hasil output program dapat dilihat pada Tabel 6.

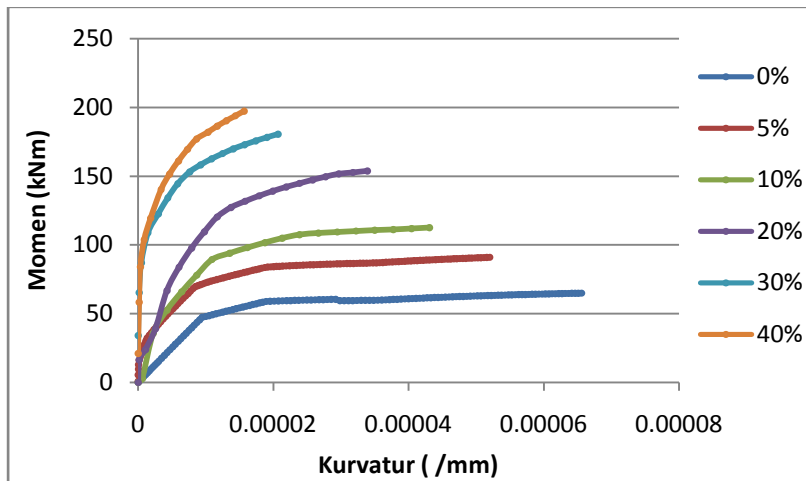
Studi kasus pengaruh pemberian beban aksial pada beton mutu normal Tidak Terkekang

Data kolom:
 mutu beton $f_c' = 30$ MPa
 Beton cover = 40 mm
 tulangan longitudinal 6 D 13
 Mutu baja $f_{yh} = 500$ MPa
 Diameter kolom = 400 mm
 Penampang kolom:

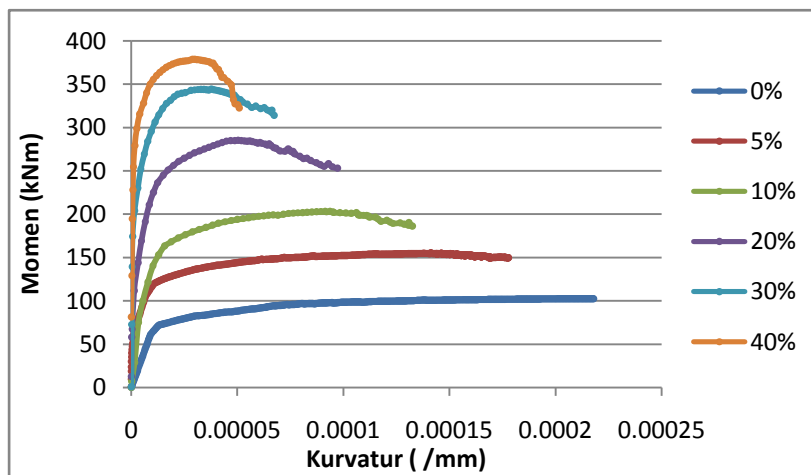


Gambar 17. Kolom kasus 7

Kasus 6.1 menggunakan beban aksial $P = 0\% \times P_n$
 Kasus 6.2 menggunakan beban aksial $P = 5\% \times P_n$
 Kasus 6.3 menggunakan beban aksial $P = 10\% \times P_n$
 Kasus 6.4 menggunakan beban aksial $P = 20\% \times P_n$
 Kasus 6.5 menggunakan beban aksial $P = 30\% \times P_n$
 Kasus 6.6 menggunakan beban aksial $P = 40\% \times P_n$



Gambar 16. Kurva kasus 6 dengan berbagai variasi nilai P



Gambar 18. Kurva kasus 7 dengan berbagai variasi nilai P

Hasil output program dapat dilihat pada Tabel 7.

KESIMPULAN

Setelah melakukan analisa-analisa kasus menggunakan program *MoCurv v 1.2*, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Parameter-parameter yang paling dominan dalam mempengaruhi besar kecilnya nilai daktilitas kurvatur serta perubahan gambar diagram Momen-Kurvatur antara lain :

- Dengan spasi antar sengkang yang berbeda dan disertai dengan perubahan volumetric, diperoleh hasil bahwasanya semakin rapat jarak antar tulangan sengkang, maka daktilitas kurvatur yang dihasilkan semakin besar. Sehingga bila spasi antar sengkang semakin rapat, maka akan dihasilkan diagram Momen-Kurvatur yang semakin daktil.
- Tulangan longitudinal juga dapat berfungsi sebagai pengekang inti beton bila dikombinasikan dengan tulangan transversal (sengkang). Apabila jumlah tulangan longitudinal ditambah dan ukurannya diperbesar, maka akan menghasilkan diagram Momen-Kurvatur yang lebih daktil dan nilai daktilitasnya juga lebih besar.
- Bilamana mutu beton semakin tinggi didapati bahwa kolom dapat menerima beban aksial serta momen

yang semakin tinggi pula, namun pada kondisi ini daktilitas kolom juga semakin berkurang

- Pemberian beban aksial mengakibatkan kolom menerima lebih banyak gaya tekan. Sehingga apabila beban aksial yang diberikan semakin bertambah, akan mengakibatkan nilai daktilitas kurvatur semakin berkurang dan diagramnya pun menjadi berkurang kedaktilannya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Park, R., dan T. Pauley. *Reinforced Concrete Structures. 1st ed.* New York, NY: John Wiley & Sons, 1975.
2. MacGregor, J.G. 1997. *Reinforced Concrete Mechanics and Design 3rd Edition.* New Jersey: MacGraw Hill.
3. Dewobroto W. 2003. "Aplikasi SAIN dan TEKNIK dengan VISUAL BASIC 6.0". PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.
4. Dewobroto W. 2005. "Aplikasi Rekayasa Konstruksi dengan Visual Basic 6.0 (Analisis dan Desain Penampang Beton Bertulang sesuai SNI 03-2847-2002)". PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.
5. Hognestad, E.; Hanson, N.W.; dan McHenry, D. 1955. "Concrete Stress Distribution in Ultimate

- Strength Design.*" ACI Journal, V.52, No.6, American Concrete Institute, Detroit, pp.455-479.
6. Hong, K. N.; dan Han, S. H., 2005. "Stress-Strain Model of High Strength Concrete Confined by Rectangular Ties," Journal of structural Engineering, ASCE, V.9, No.3, 2005, pp.225-232.
 7. Karina, A. 2009. *Analisis Daktilitas Kurvatur pada Kolom Beton Bertulang Terkekang.* ITS Press, Surabaya. 230 hal.
 8. Kent, D.C.; dan Park, R. 1971. "Flexural Members with Confined Concrete." Journal of Structural Division ASCE, V.97, No. ST7, pp. 1969-1990
 9. Kioussis, P. D.; Ehsani, M. R.; Hong Mei.; dan Saadatmanesh, H. 2001. "Confinement effects on High-Strength Concrete." ACI Structural Journal, 98, 548-553.
 10. Kusuma, B.; dan Tavio. 2008. "Unified Stress-Strain Model for Confined Columns of Any Concrete and Steel Strengths." International Conference on Earthquake and Disaster Mitigation, Jakarta, Indonesia, pp. 502-509.
 11. Mander, J. B.; Priestley, M. J. N.; dan Park, R. 1988. "Theoretical stress-strain model for confined concrete." Journal of Structural Engineering ASCE, 114(8), 1804-1825.
 12. Nilson, A. H.; dan Winter, G. 1991. "Design of Concrete Structure", McGraw-Hill International Edition, New York.
 13. Popovics, S. 1973. " A numerical approach to the complete stress strain curve for concrete." Cement and concrete research, 3(5), 583-599.
 14. Saatcioglu, M.; dan Ozcebe, G. 1987. "Confinement of Concrete Columns for seismic Loading." ACI Structural Journal, 84, 308-315.
 15. Sheikh. S.A.; dan Yeh, C.C. 1992. "Analytical Moment-Curvature For Tied Concrete Columns." Journal of Structural Engineering, Vol. 118, No. 2.
 16. Thorenfeldt, E. ; Tomaszewics, A.; and Jensen, J. J., 1987. "Mechanical Properties of High Strength Concrete and Application in Design." Proceedings, Symposium Utilization of High Strength Concrete, Stavenger, Norway, pp. 149-159.
 17. Yong, Y.K.; Nour, M.G.; dan Nawy, E.G. 1988. "Behaviour of laterally confined high-strength concrete under axial loads." J. Struct. Eng., 114, 333-351.